图 1 半栏，65 高

不同种源木姜叶柯种子生物学性状变异及质量特征研究

杨志玲[1, 2*]，谭梓峰[1,2]，王依清[3,4]

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所，杭州 311400；2. 浙江省林木育种技术研究重点实验室，杭州 311400；3. 湖南翱康生物科技有限公司，湖南 溆浦 419300；湖南瑶茶工程技术研究中心，湖南 溆浦 419300)

摘要：为探讨不同种源木姜叶柯种子生物学性状变异规律和质量特征，该文以 8 个省份 10 个种源为对象，测定了种子 4 个生物学性状、4 个营养成分及 3 个质量性状数值，开展了 11 个种子特征参数的相关性及聚类分析。结果表明：（1）种子单粒重、种子长、种子数/种序、种序长均值依次为 1.82 g、14.57 mm、16.43 个、11.78 cm，不同种源种子 4 个生物学性状变异均达到极显著水平。（2）种子蛋白质、脂肪、还原糖和淀粉均值分别为 4.75 g/100g、0.97 g/100 g、1.13 %、74.23 g/100 g，淀粉在 4 个营养成分指标中差异最小。（3）种子百粒重、含水率和生活力均值依次为 172.92 g、44.05%、53.00%，不同种源种子 3 个质量性状差异较大。（4）种子 4 个生物学性状与淀粉、蛋白质分别正向、负向相关，种子长与脂肪及还原性总糖正相关。（5）种子生物学性状与生境因子相关性复杂，种序长与无霜期极显著相关，相关系数达到 0.832，与海拔显著负相关，相关系数达到-0.698，随纬度递增种子品质略变差。（6）种子聚类为第Ⅰ类短种序高营养成分型，第Ⅱ类长种序高生活力型，第Ⅲ类种子繁多高淀粉型等 3 类，聚类不呈现地理效应。综上所述，不同种源种子生物学性状和质量变异丰富，说明不同种源在子代分化已有遗传基础，种源筛选还需结合田间试验。

关键词：木姜叶柯，生物学性状，质量特征，变异，相关性分析，聚类分析

中图分类号：S722.7　　**文献标识号：A**　　**文章编号：**

Variation of biological traits and quality characteristics in *Lithocarpus litseifolius* seeds from different provenances

YANG Zhiling[1,2*], TAN Zifeng[1,2], WANG Yiqing[3,4]

（1. *Res Institute of Subtropical Forest*, *Chin Academy of Forest*, Hangzhou 311400, Zhejiang, China; 2. *Key Laboratory of Tree Breeding of Zhejiang Province*, Hangzhou 311400, Zhejiang, China; 3. *Hunan Aokang BioTech Co. Ltd*., Xupu 419300, Hunan, China; Hunan Yao Tea Engineering Technology Research Center, Xupu 419300, Hunan, China）

Abstract: In order to investigate variation of biological traits and quality characteristics in *Lithocarpus litseifolius* seeds, 4 biological traits ,4 nutrient content and 3 quality characteristics were measured from 10 provenances in 8 provinces. The correlation and cluster analysis of 11 seed characteristic parameters were carried out. The results were as follows: (1) The mean values of single seed weight, seed length, seed numbers per panicle and panicle length were 1.82 g, 14.57 mm, 16.43 ge and 11.78 cm respectively.

收稿日期：2020-11-05

基金项目：国家基金面上项目（32071785）；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（CAFYBB2019SY016）；国家林业局科技发展中心项目(KJZXSA202038) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (32071785)； Special Fund for Basic Scientific Research Operating Expenses of Central Public Welfare Scientific Res Institutes (CAFYBB2019SY016)； Program of State Forest Administration Science and Technology Development Center (KJZXSA202038)]。

作者简介：杨志玲（1969-），女，湖南祁阳人，博士，研究员，主要从事森林药材资源优育与高效

培育研究，（E-mail）zlyang0002@126.com。

Variation of four biological traits of seeds from different provenances reached very significant level. (2) The average values of protein, fat, reducing sugar and starch of seed were 4.75 g/100 g, 0.97 g/100 g, 1.13 %, 74.23 g/100 g respectively. Starch was the smallest difference among four nutrient indexes. (3) The mean values of a hundred seeds weight, rate of water content and viability were 172.92 g, 44.05 % and 53.00 % separately. Three quality characteristics of seeds from different provenances varied greatly. (4) Variation of four biological traits of seeds had positively or negatively correlated with starch and protein. Barely seed length had a positive correlation with fat and reducing total sugar. (5) The correlation between biological traits and habitat factors was very complex. Only panicle length had a positive significant correlation with frost-free-period, the correlation coefficient arrived at 0.832. In the mean time, panicle length had a negative correlation with altitude, the correlation coefficient reached -0.698.The quality of seed became slightly worse while latitude increasing. (6) Seed were classified into three groups based on clustering analysis. Group I was characterized by short panicle and high nutrient content. Group II was seized of long panicle and high viability. Group III had seeds numerous and high starch content. Seed clustering didn't appear geographical effects.In a word, variation of biological traits and quality characteristics of seeds from different provenances were very rich, which indicated that there had a genetic basis from different provenances for progeny differentiation. It will be given a suggestion that provenance screening needs to be combined with field experiments.

Key words: *Lithocarpus litseifolius* (Hance) Chun, biological trait, quality characteristics, variation, correlation analysis, cluster analysis

木姜叶柯[*Lithocarpus litseifolius* (Hance) Chun] 产秦岭南坡以南各省区，为山地常绿林的常见树种（《中国植物志》编委会，1998），被认为是柯属中最大潜力的树种（周伟等，2016），于 2017 年被国家卫计委批准为新资源食品（国家卫生和计划生育委员会，2017）。

木姜叶柯利用历史可追溯至刘宋景平元年缙云山始建寺，山中僧人采嫩叶做茶，茶的特点：色泽鲜艳、香气浓郁、风味独特（郭瑞静，2012；杨茜，2012）。现代研究表明，木姜叶柯的甜味源于二氢查尔酮类化合物，该类化合物对改善心血管疾病等功效明显（李胜华等，2014；徐颖等，2016；林丽梅等，2017；宋菊等，2017；王冰心等，2019），这诱使国内外专家致力于寻找含二氢查尔酮类化学物的植物。专家早先发现杜鹃花科（Ericaceae）、锁阳科（Cynomoriaceae）、百合科（Liliaceae）、豆科（Leguminosae）等所含二氢查尔酮含量过低，仅 0.016~0.046mg/g (Gosch，et al., 2010；李辰等，2010)，随后又发现蔷薇科（Rosaceae）中草莓（*Fragaria* × *ananassa*）、野蔷薇（*Rosa multiflora*）、苹果（*Malus pumila*）、海棠花（*Malus spectabilis*）、杜梨（*Pyrus betulifolia*）二氢查尔酮含量稍高，达到了 11.93 ~17.384 mg/g（李荣涛等，2010；殷法杰等，2011；谭飔和周志钦，2013），近年发现木姜叶柯中二氢查尔酮类化合物含量均值达 12.6%，在已知含有该成分的植物中最高，其资源蕴含巨大开发潜力。

基于木姜叶柯处于野生状态，了解和掌握它的种子生物学特性和质量特征等基础内容，利于将沉睡在大山深处的优质资源挖掘和筛选出来，使其快速步入现代化利用阶段。少数科研机构开展过木姜叶柯资源繁育工作，如曾祥艳等（2015）经研究获知广西 4 个木姜叶柯种源内单株种子形态上存在很大异质性，但目前对更大范围内的木姜叶柯种质资源总体认识非常有限，需要加强研究。本文以分布区木姜叶柯野生种质资源为材料，围绕不同种源种子生物学性状及质量特征开展研究，旨在为优质资源筛选提供实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来自 8 个省份木姜叶柯 10 个种源，种源编号、地理位置、气候因子见表 1。2019 年 10 月至 11 月种子完全成熟期采集，选择壮龄母株采种，每种源采集 15 株以上母株，每母株上采集种序 1.0 kg，种子湿沙混匀，室内贮藏备用。

1.2 生物学性状测定

生物学性状测定参考王家源等（2013）方法，本文需记数每种源的种子数/种序。由于采种地点分布较广，不同种源采集时间上差异较大，其中两个种源缺失种子数/种序。

1.3 营养成分测定

蛋白质、脂肪、还原糖和淀粉依次运用 LY/T 1269-1999(张万儒等，1999)、GB 5009.6-2016（第一法）(国家食品药品监督管理总局，中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，2017)、NY/T 1278-2007(王小琴等，2007)和蒽酮比色法测定(翁霞等，2013)。

1.4 质量性状测定

种子百粒重以四分法随机抽样、称重（杨志玲等，2009）方法，种子含水率用低恒温烘干法测定（王佩兰等，2013），种子生活力用 TTC 染色法测定（雷慧霞等，2019），质量性状指标测定均重复 3 次。

1.5 数据统计

用 EXCEL2013 建立种子生物学性状和质量特性原始数据文档，运用 SPSS20.00 软件进行方差分析、相关性分析和聚类分析。

表 1 种源地理位置和气候因子

Table 1 Geographical location and climatic factors from different provenances

种源地 Provenance	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude（m）	年均温 Average annual temperature（℃）	年均日照 Average annual sunshine（h）	年降雨量 Annual rainfall（mm）	无霜期 Annual frost free period（d）	平均湿度 medial humidity（%）
湖南芷江 Hunanzijiang（HNZJ）	109°26′	27°30′	400	16.72	1 220	1 432	275	78.83
广东惠州 Guangdonghuizhou (GDHZ)	113°51′	27°24′	450	22.10	2 076	1 770	350	83.12
湖南溆浦 Hannanxupu (HNXP)	110°15′	27°19′	1 050	16.9	1 500	1 539	286	89.21
浙江庆元 Zhejiangqiyuan (ZJQY)	118°50′	27°25′	900	17.4	1 729	1 760	245	85.31
重庆酉阳 Congqiyouyang (CQYY)	108°23′	28°53′	601	15.05	1 131	1 300	245	79.33
湖南新宁 Hunanyinnin (HNXN)	110°18′	26°20′	950	12.5	1 466	1 800	240	82.10
湖北来凤 Hubailaifeng (HBLF)	109°21′	29°10′	650	15.8	1 400	1 400	256	81.0
江西赣州 Jiangxiganzhou (JXGZ)	113°05′	25°09′	760	19.8	1 774	1 606	288	79.10
四川芦山 Sichuanlusan (SCLS)	102°52'	30°01'	720	15.2	949	1 313	280	83.83
江西德兴 Jiangxidexin (JXDX)	11°52′	28°48′	750	17.8	1 625	1 982	279	84.45

2 结果与分析

2.1 种子生物学性状变异

由表 2 可知，种子单粒重均值在 0.98（ZJQY 种源）~2.59 g（HNXN 种源）之间，最大种子重为最小种子的 264 %。来自 GDHZ 种源的种子单粒重（1.51~3.16 g）最均称，变异系数最低（16.17 %），来自 JXGZ 种源种子单粒重变异幅度最大（0.89~4.41 g），变异系数最大（33.05 %），上述变化也可从种子单粒重的极差得到反应。

种子长在 11.14（ZJQY 种源）~17.00 mm（JXDX 种源）之间，最长种子长度为最短种子的 153 %。

来自 HBLF 种源、HNXN 种源、ZJQY 种源的种子长不太均称，变异系数均高于 10 %，其他 7 个种源种长相对均称，变异系数均低于 10 %。种子长变异系数均值为 7.61 %，种子长是 4 个种子生物学性状中变异最小的性状。

种序长均值在 8.55（ZJQY 种源）~15.04 cm（GDHZ 种源）之间，最长种序长度为最短种序的 176 %。种序长极差最小和最大分别是 5.6 cm（CQYY 种源）和 21.2cm(GDHZ 种源)，种序长变异系数高达 33.39 %，种序长为 4 个种子生物学性状中变异最大的性状。

种子数/种序均值在 9.65（HNZJ 种源）~27.20 个（CQYY 种源）之间，种子数/种序最稳定的是 CQYY 种源，变异系数仅 7.07 %，最大变异的是 GDHZ 种源（52.60 %），极差最大的（32 个）是 HBLF 种源，极差超过 27 个的有 HNXN 种源、HNXP 种源、GDHZ 种源等 3 个。

对不同种源种子生物学性状进行方差分析，详见表 2。从表 2 可知，种源间种子单粒重、种子长、种子数/种序、种序长等 4 个生物学性状均达到极显著水平（$P < 0.01$）。

表 2 不同种源种子生物学性状变异及方差分析

Table 2 Variation and variance analysis of seed biological traits from different provenances

项目 Item	种子单粒重 Seed single weight (g)			种子长 Seed length (mm)			种序长 Panicle length (cm)			种子数/种序 Seed numbers per panicle (ge)		
种源 Provennce	均值±标准 Average±standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	极差 Variance interval	均值±标准差 Average±standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	极差 Variance interval	均值±标准差 Average±standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	极差 Variance interval	均值±标准差 Average±standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	极差 Variance interval
湖南芷江 HNZJ	1.51±0.44	29.25	0.77~2.83	13.92±1.19	8.53	11.46~17.08	13.07±1.96	15.01	6.50~15.90	9.65±2.44	25.27	5~18
广东惠州 GDHZ	2.19±0.35	16.17	1.51~3.16	15.83±0.76	4.80	12.96~17.45	15.04±4.19	27.86	6.80~28.00	13.75±7.23	52.60	5~32
湖南溆浦 HNXP	2.22±0.47	21.28	1.02~3.14	15.25±0.21	7.96	11.86~18.81	11.23±3.18	28.34	4.90~15.90	10.96±5.18	47.30	3~30
浙江庆元 ZJQY	0.98±0.02	20.30	0.59~1.86	11.14±2.04	18.33	4.60~14.70	8.55±2.05	23.97	4.17~13.80	11.67±3.68	31.57	5~23
重庆酉阳 CQYY	1.49±0.37	24.96	0.73~2.06	12.81±1.08	8.43	10.53~14.72	11.56±2.09	18.11	9.20~14.80	27.20±1.92	7.07	25~30
湖南新宁 HNXN	2.59±0.67	25.81	0.77~3.52	15.73±2.66	16.92	8.33~18.71	10.45±2.37	22.70	7.00~17.50	21.24±5.98	28.15	9~39
湖北来凤 HBLF	1.21±0.38	31.06	0.29~2.66	13.28±1.40	10.57	11.00~16.33	11.33±3.23	28.50	0.75~17.50	21.91±8.95	40.82	8~40
江西赣州 JXGZ	1.70±0.56	33.05	0.89~4.41	15.61±1.37	8.75	11.00~18.00	13.01±3.06	23.48	6.00~21.00	15.08±5.18	34.32	3~28
四川芦山 SCLS	1.71±0.55	32.36	0.58~2.75	15.14±1.05	6.94	12.75~17.42						
江西德兴 JXDX	2.58±0.54	20.80	1.23~3.75	17.00±0.99	5.82	15.21~19.00						
均值 Average	1.82±0.45	25.51	0.29~4.41	14.57±1.38	7.61	4.60~19.00	11.78±2.77	23.50	0.75~28.00	16.43±5.07	33.39	5.67~18.05
均方 Mean square		21.891**			210.251**			1298.659**			276.737**	
F 值 F value		107.068			104.357			51.727			35.243	

注：表中数据均为平均值±标准误，** 表示处理间在 P<0.01 水平（双侧）上极显著相关，* 表示处理间在 P<0.05 水平（双侧）上显著相关。下同。

Note: All data in the table are average values ± SD.**indicates significant differences at the P<0.01 level.*indicates significant differences at the P<0.05 level. The same below.

2.2 种子营养成分差异

由表 3 可见，种子营养成分以淀粉为主，其他营养成分按含量高低依次是蛋白质、脂肪和还原性总糖。种子淀粉含量最高种源 CQYY（78.2 g/100 g）为最低种源 ZJQY（68.9 g/100g）的 1.13 倍，种子淀粉含量在 4 个营养成分指标中差异最小。种子蛋白质最高种源 ZJQY（7.70 g/100 g）为最低种源 JXGZ（3.69 g/100 g）的 1.92 倍，60 %种源种子蛋白质含量在 4~5 g/100 g。种子脂肪均值为 0.97 g/100 g，最高种源 HBLF（1.60 g/100 g）为最低种源 CQYY（0.40 g/100 g）的 4 倍，种子脂肪含量整体较低，70 %种源种子脂肪为 0.8~1.1 %。种子还原性总糖最高种源 HNXP（1.96 %）为最低种源 HNZJ（0.54 %）的 3.63 倍，种子还原性总糖在 0.54~0.96 %、1.1~1.3 %、1.59~1.96 %的种源分别有 3 个。

表 3 不同种源种子营养成分变异和质量特征

Table 3 Variation of nutrient content and quality characteristics of seeds from different provenances

种源 Provenance	蛋白质 Protein (g/100g)	脂肪 Fat (g/100g)	还原性总糖 Total reducing sugar (%)	淀粉 Starch（g/100g）	百粒重 A hundred seed weight（g）	含水率 Rate of water content (%)	生活力 Viability（%）
湖南芷江 HNZJ	5.64	1.4	0.96	75.3	237.88	46.68	65.00
广东惠州 GDHZ	4.14	0.6	1.96	74.7	211.84	52.05	67.50
湖南溆浦	3.69	0.9	1.74	71.1	173.68	59.70	20.00

HNXP							
浙江庆元 ZJQY	4.16	1.6	0.69	72.5	96.82	34.17	72.50
重庆酉阳 CQYY	5.07	0.8	1.31	76.6	207.37	44.57	80.00
湖南新宁 HNXN	4.07	0.4	0.55	78.2	177.70	41.61	12.50
湖北来凤 HBLF	4.97	1.0	0.54	77.7	163.16	23.87	52.50
江西赣州 JXGZ	7.70	1.0	1.59	68.9	115.00	43.04	52.50
四川芦山 SCLS	4.36	1.3	1.22	74.5	115.22	42.64	45.00
江西德兴 JXDX	4.57	1.1	0.54	73.9	230.50	32.15	62.50
均值 Mean	4.75	0.97	1.13	74.23	172.92	44.05	53.00

2.3 种子质量性状变异

由表 3 可见，种子百粒重变化幅度在 96.82（HBLF 种源）~237.88 g（HNXN 种源），高低相差近 2.46 倍。种子含水率均值变化幅度为 23.87（HNZJ 种源）~59.70 %（JXGZ 种源），种子含水率最高为最低的 2.5 倍。种子含水率均值大体分成 23.87~34.17 %、41.61~46.68 %、52.05~59.70 %等 3 个等级。种子生活力均值变化幅度为 12.50（CQYY 种源）~80.00 %（GDHZ 种源），均值高低相差达到 6.4 倍，种子生活力在 3 个营养成分指标中差异最大。种子生活力均值大体分成 12.50~20.00 %、52.50~65.00 %、67.50~80.00 %等 3 个等级。

2.4 种子各特征参数的相关性分析

种子 11 个特征参数中，种子长与种子单粒重达到极显著相关性，其他生物学性状之间正或负向未显著相关；蛋白质与 4 个生物学性状负向相关，淀粉与 4 个生物学性状正向相关，脂肪、还原性糖与 4 个生物学性状微略正或负相关，淀粉与其他 3 个营养成分均负向未显著相关。质量性状中种子百粒重与单粒重及种子长分别极显著或显著相关，其他质量性状之间微略正或负向相关。含水率与还原总糖极显著相关，生活力与 4 个营养指标正向相关，百粒重与淀粉正向相关，其他质量指标与营养成分之间均负向相关。3 个质量指标之间基本呈微略的正或负相关。

表 4 种子各特征参数的相关性

Table 4 Correlation of seeds characteristic parameters

	种子单粒重 Single seed weight	种子长 Seed length	种序长 Panicle length	种子数/种序 Seed numbers per panicle	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	还原性总糖 Total reducing sugar	淀粉 Starch	百粒重 A hundred seeds weight	含水率 Rate of water content	生活力 Viability
种子单粒重 Single seed eight	1										
种子长 Seed length	0.883**	1									
种序长 Panicle length	0.292	0.555	1								
种子数/种序 Seed numbers per panicle	0.017	-0.049	-0.132	1							
蛋白质 Protein	-0.236	-0.495	-0.563	-0.33	1						
脂肪 Fat	-0.021	0.093	-0.202	0.128	0.146	1					
还原性总糖 Total reducing sugar	-0.003	0.029	-0.101	-0.517	0.13	-0.254	1				

淀粉 Starch	0.353	0.26	0.529	0.242	-0.398	-0.347	-0.507	1			
百粒重 A hundred seeds weight	0.893**	0.688*	0.259	-0.033	-0.141	-0.344	-0.006	0.423	1		
含水率 Rate of water content	0.174	0.193	-0.026	0.002	-0.149	-0.288	0.806**	-0.34	0.196	1	
生活力 Viability	0.406	0.347	0.146	-0.296	0.158	0.469	0.006	0.052	0.162	-0.268	1

2.5 种子各特征参数与生境因子相关性分析

种子特征参数的相关性见表 5。表 5 可知种子生物学性状与生境因子相关性相对复杂，随着纬度从南往北推移，仅种子数/种序和脂肪含量正向略微增加，而其他种子特征参数值均负向略微增加，说明随纬度递增种子品质略变差。随着经度从东往西推移，种子单粒重、百粒重、蛋白质、还原性总糖、含水率、生活力均正向增加，种子长、种序长、种子数/种序、脂肪、淀粉等负向增加。随着海拔上升，种子穗长变短、种子数/种序减少、淀粉含量下降，种子单粒重、种子长、蛋白质、脂肪、还原性总糖、百粒重、含水率、生活力等正向增加，仅种序长与海拔达到负向显著相关。种子单粒重、种子长、还原性总糖、百粒重、含水率、生活力与 5 个环境因子基本正向相关，种序长、种子数/种序、蛋白质、脂肪、淀粉等与 5 个环境因子相关性较复杂，仅种序长与无霜期相关性达到极显著水平。

表 5：种子特征参数与生境条件的相关性

Table 5 Correlation between seeds characteristic parameters and habitat factors

	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude	年均温 Average annual temperature	年均日照 Average annual sunshine	年降雨量 Annual rainfall	无霜期 Annual frost free period	平均湿度 Average humidity
种子单粒重 Single seed weight	0.079	-0.301	0.247	-0.002	0.232	0.563	0.328	0.311
种子长 Seed length	-0.036	-0.282	0.047	0.209	0.216	0.416	0.527	0.138
种序长 The panicle length	-0.202	-0.512	-0.698*	0.609	0.223	-0.08	0.832**	-0.341
种子数/种序 The seed numbers per panicle	-0.36	0.382	-0.034	-0.516	-0.406	-0.283	-0.44	-0.376
蛋白质 Protein	0.515	-0.144	0.207	-0.054	0.285	0.444	-0.258	0.261
脂肪 Fat	-0.132	0.291	0.062	-0.353	-0.134	0.109	-0.248	-0.098
还原性总糖 Total reducing sugar	0.153	-0.389	0.564	0.366	0.424	0.118	0.300	0.549
淀粉 Starch	-0.494	-0.064	-0.513	-0.158	-0.365	-0.314	0.213	-0.272
百粒重 100 seeds weight	0.272	-0.463	0.188	0.078	0.346	0.583	0.255	0.177
含水率 Rate of water content	0.02	-0.399	0.557	0.191	0.344	0.077	0.162	0.235
生活力 Viability	0.067	-0.188	0.034	0.097	0.286	0.365	0.385	0.491

2.6 种子聚类分析

对 10 个种源 11 个种子特征参数数据进行标准化处理，采用欧氏距离离差平方和进行聚类分析，结果见图 1。当欧氏距离为 6.0 时，种源聚类如下：第Ⅰ类，包括 ZJQY 种源、SCLS 种源、HBLF 种源，这类种源的种子长、种序长度均最短，种子数/种序最少，蛋白质、脂肪、还原性总糖含量均最高，淀粉含量最低，百粒重最轻，生活力和含水率中等；第Ⅱ类，包括 GDHZ 种源、HNXP 种源、HNXN 种源、JXDX 种源，这类种源的种子长和种序长最长，种子数/种序均中等，蛋白质、还原性总糖、脂肪及淀粉含量均中等，百粒重最重，生活力和含水率最高；第Ⅲ类，包括 CQYY 种源、JXGZ

种源、HNZJ 种源，这类种源的种子长和种序长均中等，种子数/种序最多，蛋白质、还原性总糖、脂肪含量均最低，淀粉含量最高，百粒重、生活力和含水率均中等。

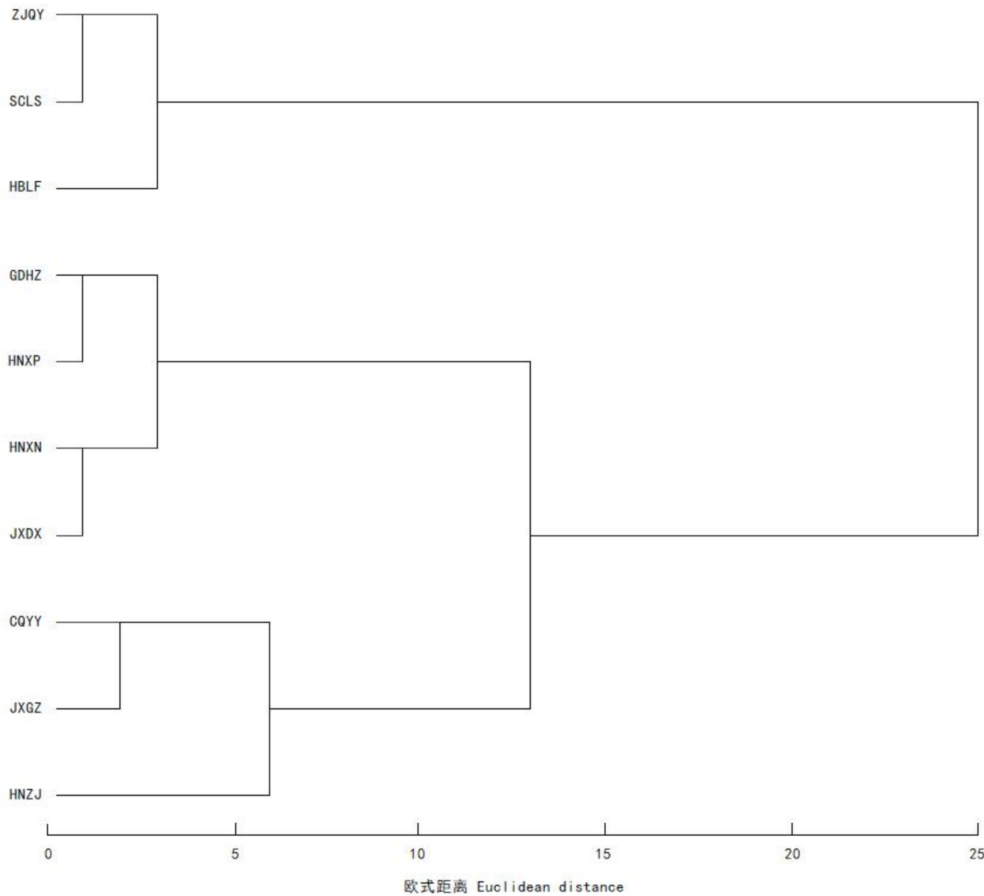


图 1 基于种子生物学性状和质量特征的聚类系统图

Fig.1 Cluster analysis result based on seed biological traits and quality characteristics

3 讨论与结论

3.1 种子生物学性状变异和质量特征

种子作为繁殖系统的核心组成部分，处在强大的选择压力下，既受到物种遗传因素的控制，又面临环境因子的影响，因而表现出很大的分化（Strauss＆LEDIG , 1985），这种分化表现在种子的表型特征、生化组成、生理功能等多种性状差异上(Westoby et al., 1992; 张恒庆等，1999; 王孝安等，2005)。目前有关木姜叶柯种子生物学性状研究报道很少，仅曾艳祥等（2015）研究了广西木姜叶柯种源内的单株间生物学性状，本文对木姜叶柯生物学性状描述方式与曾艳祥的描述略有不同，难以进行横向比较。

谢碧霞和谢涛（2009）总结了橡仁含淀粉多为 50%~70%、可溶性糖 2%~8 %、蛋白质 1. 17~8. 72 %、油脂 1. 04~6. 86 %，杨舒婷（2014）概述了壳斗科属下多个物种的淀粉含量，发现淀粉含量中金毛柯（*Lithocarpus chrysocomus*）最低 30%、白穗柯（*Lithocarpus craibianus*）最高 77%，木姜叶柯淀粉含量居中，大约为 58.29~64.27 %。本文中不同种源木姜叶柯种子营养成分含量均高于谢碧霞和谢涛（2009）的研究结果，种子淀粉含量也高于杨舒婷（2014）的研究结果，多个专家研究均认为木姜叶柯淀粉含量较高，证实它可作为重要淀粉资源植物开发。

种子百粒重、含水率、生活力是种子质量 3 项重要指标。本文研究获知木姜叶柯种子含水率较高且极易失水，建议采种后及时保湿、采用合适方法运输和贮藏等措施。不同种源木姜叶柯种子生活力差异极明显，这些差异可能来源于遗传基础、发育阶段及种子含水率的损失，相关原因有待进一步研究。

3.2 种子特征参数与环境因子的相关性

同一树种不同地理种群的种子质量差异与种源所处地理位置、生境条件及气候特征均紧密相关，

有关这一结论，在研究四川大头茶（*Gordonia acuminata*）（柯文山等，2000)、岷江柏（*Cupressus chengiana*）（徐 亮等，2005）、川鄂连蕊茶（Camillia rosthornina）（操国兴等，2003）、小檗科鬼臼亚科植物（马绍宾和姜汉桥，1999）和希蒙得木（*Simmondsia Chinensis*）（曹冰和高捍东，2002）等时获得应证。不同树种种子特征参数与地理变异上表现不同规律，如樟树（*Cinnamomum camphora*）（任华东和姚小华，2000）、乌药（*Lindera aggregata*）（陈丽华等，2005）、苦楝（*Melia azedarach*）（程诗明和顾万春，2006）的种子质量存在明显经向变异；厚朴（*Magnolia officinalis*）种子性状受积温和热量因子控制作用极为明显，种子宽度、厚度和百粒重的地理渐变趋势基本呈纬向变化（杨志玲等，2009）；皂荚（*Gleditsia sinensis*）（兰彦平和顾万春，2006）种子质量无明显地理变异规律。木姜叶柯作为亚热带及热带北缘广布树种（《中国植物志》编委会，1998），它分布区的生境因子变化很大，本文研究未发现木姜叶柯种子呈现明显的地理变异规律，仅随纬度递增种子品质略变差的趋向。

3.3 种子聚类特点

分布区域较广植物地理变异的形成与自然选择、基因流和基因飘移作用等多种因素相关，在诸多因素综合作用下，植物会形成连续变异、区域板块变异以及随机变异等多种变异模式（李娟等，2019），具体表现在种子聚类模式上，麻栎（*Quercus acutissima*）（唐罗忠等，2009）、任豆（*Zenia insignis*）（林玮等，2016）、闽楠（*Phoebe bournei*）（李娟等，2019）等种子聚类上有明显地理效应，临近区域种源聚集一起，而厚朴、香椿（*Toona sinensis*）（周祥斌等，2015）等表现出部分种源地理相隔很近但不属于一类的情况。

木姜叶柯种子聚类不呈现明显的地理效应，发现 ZJQY 种源、SCLS 种源、HBLF 种源聚集在第Ⅰ类短种序高营养成分型，究其原因可能与它们分布在自然保护区内、种子未受到人为因素影响、处于原始状态有关，第Ⅱ类长种序高生活力型和第Ⅲ种子繁多高淀粉型的种源种子不是采集于自然保护区，它们很可能受过人工干涉进而表现出不同的特点。木姜叶柯种源种子生物学性状存在丰富的变异，但它们在种子品质中尚未完全表达，对种子地理变异模式的辨析和性状筛选还需要在分布区采集更多种源及结合田间试验进行判断，共同为优良种质选育奠定基础。

参考文献：

CAO B, GAO HD, 2002. Study on biological characteristics of seeds of *Simmondsia chinensis*[J]. Seed, 5（total 125）: 41-42. [曹冰，高捍东，2002.希蒙得木种子生物学特性研究[J].种子，5(总 125)：41-42.]

CAO GX, ZHONG ZC, XIE DT, 2003. A preliminary study on the morphological variation of seeds of *Camillia rosthornina* populations in Mt. Jinyun[J]. J SW Agric Univ, 25(2): 105-107. [操国兴，钟章成，谢德体，等，2003. 缙云山川鄂连蕊茶种子形态变异的初步研究[J]. 西南农业大学学报，25(2)：105-107.]

CHEN LH, JIANG JM, LUAN QF, et al., 2005. Study on seed morphology of *Lindera Aggregata* from 14 areas[J]. J Zhejiang Forest Sci and Tech, 25(1): 9-12. [陈丽华，姜景民，栾启福，等，2005. 乌药种子性状产地表型变异研究[J]. 浙江林业科技，25(1)：9-12.]

CHENG SM, GU WC, 2006. Studies on penotypical characteristics gradient variation of *Melia azedarach*[J]. Sci Silv Sin, 42(5): 29-35.[程诗明，顾万春，2006. 苦楝表型性状梯度变异的研究[J].林业科学，42(5)：29-35.]

Editorial Board of Flora Reipublicae Popularis Siniciae, 1998. Flora Reipublicae Popularis Siniciae[M]. 22: 201.[《中国植物志》编委会.1998.中国植物志[M]，北京：科学出版社，22 卷：201.]

GOSCH C, HALBMIRTH H, STICH K, 2010.Phloridzin: biosynthesis,distribution and physiological relevance in plants[J]. Phytochemistry, 71(8/9) : 838-843.

GUO RJ, 2012. The historical connotation and economic value of Jinyun sweet tea[J]. Mod Bus, 17: 178-179.[郭瑞静，2012. 缙云甜茶的历史内涵与经济价值[J]. 现代商业，17：178-179.]

KE WS, ZHONG ZC, XI HA, et al., 2000. The variation of seed sizes of *Gordonia acuminata* geographic populations and its effect on seed germination and seedling[J]. Acta Ecol Sin, 20(4): 697-701.[柯文山，钟章成，席红安，等，2000.四川大头茶地理种群种子大小变异及对萌发、幼苗特征的影响[J].生态学报，20(4)：697-701.]

LAN YP, GU WC, 2006. Geographical variation of morphologic characteristics of *Gleditsia sinensis* seeds and legumes in the

North Region[J]. Sci Silv Sin, 42(7): 47-51. [兰彦平，顾万春，2006. 北方地区皂荚种子及荚果形态特征的地理变异[J]. 林业科学，42(7)：47-51.]

LEI HX, YU Y, LIU YL, et al., 2019. Study on TTC method for testing seed viability of *Paeonia lactiflora* Pall[J]. Seed, 38(2): 41-44. [雷慧霞，于营，刘亚苓，2019. TTC 法快速测定芍药种子生活力[J].种子，38(2)：41-44.]

LI C, CHEN WL, Guo M, et al., 2011. Extraction and determination of (+)-catechin and phloridzin from *Cynomorium songaricum*[J]. J Wu Yi Univ (Nat Sci Ed), 25(1):23 -28.[李辰，陈卫林，郭玫，等，2011.锁阳中儿茶素、根皮苷的提取及含量测定[J]. 五邑大学学报（自然科学版），25(1)：23-28.]

LI J, LIN JY, JIANG Y, et al., 2019. Analysis on morphological traits and main nutrients of phoebe bournei seeds from different provenances[J]. Guangxi ForSci, 48(3): 307-312.[李娟，林建勇，姜英，等，2019.不同种源闽楠种子形态特征和主要营养成分分析[J]. 广西林业科学，48(3)：307-312.]

LIN LM, LONG YH, FENG RX, et al., 2017. Cloning and bioinformatic analysis of chalcone isomerase gene in *Lithocarpus polystachyus*[J]. Chin Traditional and Herbal Drugs, 48(24): 5080-5084.[林丽梅，龙月红，冯若宣，等，2017.多穗柯查耳酮异构酶基因的克隆与序列分析[J].中草药，48(24)：5080-5084.]

LIN W, ZHOU P, ZHOU XB, et al., 2016. Geographic variation in seed traits of different *Zenia insignis* provenances[J]. J S China Agric Univ, 37(4): 69-74. [林玮，周鹏，周祥斌，等.2016.任豆种源种子性状地理变异研究[J].华南农业大学学报，37(4)：69-74.]

LI RT, JIAO ZG, LIU JC, et al., 2010. Isolation and purification of phloridzin from apple branch by high performance centrifugal partition chromatography[J]. J Fruit Sci, 27(4): 645-649.[李荣涛，焦中高，刘杰超，等，2010.高效离心分配色谱(HPCPC) 分离纯化苹果树枝中的根皮苷[J]. 果树学报，27(4)：645-649.]

LI SH, WU XJ, ZENG JY, 2014. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of the total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* Rehd[J]. Chin Pharm J, 49(9): 731-735. [李胜华，伍进贤，曾军英，2014. 多穗柯中总黄酮的体内和体外抗氧化研究[J]. 中国药学杂志，49(9)：731-735.]

MA SB, JIANG HAN Q, 1999. Study on the seed weight and seed seize variation pattern and their biological sinificance in *Podophylloideae* (Berberidaceae)[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 19(4): 715-724. [马绍宾，姜汉桥，1999. 小檗科鬼臼亚科种子大小变异式样及其生物学意义[J]. 西北植物学报，19(4)：715-724.]

National Health And Family Planning Commission, 2017. Interpretation of “milk L wood fruit oil and other 10 new food raw Mater notice”[J]. Beverage Ind, 20(3): 4-5. [国家卫生和计划生育委员会，2017. 解读《乳 L 木果油等 10 种新食品原料的公告》[J]. 饮料工业，20(3)：4-5.]

REN HD, YAO XH, 2000. A study on seeds phenotypic variation in natural range of *Cinnamomum camphora* (L.) Presl[J]. Acta Agric Univ Jiangxi, 22(3): 370-375. [任华东，姚小华，2000. 樟树种子性状产地表型变异研究[J]. 江西农业大学学报，22(3)：370-375.]

SONG J, HUANG J, LI ZD, 2017. Analysis of transicriptomes and exploring flavonoid biosynthetic pathway genes in *Lithocarpus polystachyus*[J]. Chin J Chin Mat Med, 42(4): 675-679.[宋菊，黄剑，李志栋，2017. 多穗柯转录组分析及黄酮类化合物合成相关基因的挖掘[J]. 中国中药杂志，42(4)：675-679.]

STATE Administration Of Food And Drug Administration, National Health And Family Planning Commission of the People’s Republic of China, 2017. Determination of fat in Food Safety National Standard: GB 5009-2016[S]. Beijing: China Standard Press. [国家食品药品监督管理总局，中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，2017. 食品安全国家标准食品中脂肪的测定：GB 5009-2016[S]. 北京：中国标准出版社.]

STRAUSS SH, LEDIG FT, 1985. Seedling architecture and life history evolution in pines[J]. Am Natist, 12: 702–715.

TANG LZ, LIU Zl,YU MK, et al., 2009. Variation and cluster analyses of morphological characters and nutrient content of *Quercus acutissima* seed from different provenances[J]. J Plant Resour and Environ, 18(1): 36-41. [唐罗忠，刘志龙，虞木

奎，等，2009. 不同种源麻栎种子形态特征和营养成分含量的差异及聚类分析[J]. 植物资源与环境学报，18(1)：36-41.]

TAN J, ZHOU ZQ, 2013. Current Res status on phloridzin[J]. Food and Fermen Ind, 39(8):182-184. [谭飓，周志钦.2013.根皮苷研究进展[J]. 食品与发酵工业，39(8)：182-184.]

WANG JY,GUO J, YU FY. The differences of seed biological characters in *Melia azedarach* L. from different provenances[J]. J Nanjing Forest Univ（Nat Sci）, 37(1):49-54. [王家源，郭杰，喻方圆，2013. 不同种源苦楝种子生物学特性差异[J]. 南京林业大学学报 (自然科学版)，37(1)：49-54.]

WANG PL, XU DL, ZHANG B, et al., 2013. Analyses of morphological character and physiological indices of *Castanopsis tibetana* seed[J]. Seed, 32(8): 1-7.[王佩兰，许德禄， 张斌，等，2013.钩栗种子形态特征及主要生理指标测定分析[J]. 种子，32(8)：1-7.]

WANG BX, ZHU DM, LIU HZ, et al, 2019. The effect of phlorizin on lipid-lowering and liver-protection in obese mice and its mechanism[J]. J Chin Med Mat, 42(3): 647-651.[王冰心，朱冬梅，刘华桢，等，2019.根皮甘对肥胖小鼠的降脂保肝作用及机制研究[J].中药材，42(3)：647-651.]

WANG XN, WANG ZG, XIAO YP, 2005. Ecoll plasticity of *Larix chinensis* population cones and seeds in Qinling Mountain[J]. Chin J Appl Ecol, 16(1)：29-32. [王孝安，王志高，肖娅萍，等，2005. 秦岭山地太白红杉种群种子性状的生态可塑性研究[J]. 应用生态学报，16(1)：29-32.]

WANG XQ, LIU S, LIU ZX, et al., 2007. Determination of Soluble Sugar in Vegetable Products-Copper Reduction Iodine Method. NY/T 1278-2007[S]. [王小琴，刘肃，刘中笑，等，2007. 蔬菜及其制品中可溶性糖的测定-铜还原碘量法,NY/T 1278-2007[S].]

WENG X, XIN G, LI YX, 2013. Study on determination conditions of total sugar from potato starch by anthrone colorimetry. Food Res Dev, 34(17): 86-88. [翁霞，辛广，李云霞，2013.蒽酮比色法测定马铃薯淀粉总糖的条件研究.食品研究与开发, 34(17)：86-88.]

WESTOBY M, JURADP E, LEISHMAN M, 1992. Comparative evolutionary Ecology of seed size[J]. Trends Ecol Evol,7: 368-372.

XIE BX, XIE T, 2002. Exploitation study of acorn resource in China[J]. J Centr S For Univ, 22(3) :22-25. [谢碧霞，谢涛，2002. 我国橡实淀粉资源开发利用的研究[J]. 中南林业科技大学学报，22(3)：22-25.]

XU L, BAO WK, HE YH, 2005. Morphological characters and geographical variation of cones and seeds of four C*upressus chenggiana* S.Y. HU population[J]. Chin J Appl Environ Biol, 10(6): 707-711. [徐亮，包维楷，何永华，2005. 4 个岷江柏种群的球果和种子形态特征及其地理空间差异[J]. 应用与环境生物学报，10(6)：707-711.]

XU Y, FAN MT, LI YH, et al., 2016. Clone and bioinformatics analysis of phloridzin glycosyl transferase from *Malus* x *Domestica*[J]. J Chin Instit Food Sci Technol,16(11): 204-211.[徐颖，樊明涛，李亚辉，等，2016.苹果根皮苷糖基转移酶基因克隆及生物信息学分析[J].中国食品学报，16(11)：204-211.]

YANG Q, 2012. "Interlanguage in Tea"-Jinyun sweet tea[J]. Chin Stud, 4, 33-34. [杨茜，2012. “茶中解语”-缙云甜茶[J]. 华夏国学, 4: 33-34.]

YANG XL, 2014. Research and development of starch resource of *Cortex Phellodendri* in China[J]. Jiangsu Agric Sci, 42(5): 324-327.[杨舒婷，2014. 我国壳斗科淀粉资源植物的研究与开发利用[J]. 江苏农业科学，42(5)：324-327.]

YANG ZL, YANG X, TAN ZF, et al., 2009. Variation of seed characters of *Magnolia officinalis* from different provenances and families[J]. J Centr S For Univ, 29(5): 49-55. [杨志玲，杨旭，谭梓峰，等，2009. 厚朴不同种源及家系种子性状的变异[J].中南林业科技大学学报，29(5)：49-55.]

YIN FJ, QIN GP, JIANG HQ, et al., 2011. Determination of rhizoctidine in the leaves of *Pyrus betulifolia*. Shandong J Trad Chin Med, 30(3): 200-215. [殷法杰，秦国培，蒋海强，等，2011. 杜梨叶中根皮苷含量测定[J]. 山东中医杂志，30(3)：200-215.]

ZENG XY, CHEN JY, LI KX, et al., 2015. Seed character variation and seedling growth variation among progenies from plus trees of *Lithocarpus polystachyus*[J]. Guangxi For Sci, 44(4): 355-362. [曾祥艳，陈金艳，李开祥，等，2015. 多穗柯优树种子性状变异及其子代苗期生长差异[J]. 广西林业科学，44(4)：355-362.]

ZHANG HQ, AN LJ, ZU YG, 1999. Geographical variation of morphology characters for natural population of *Pinus koraiensis*[J]. Acta Ecol Sin, 19(6): 932–938. [张恒庆，安利佳，祖元刚，1999. 天然红松种群形态特征地理变异的研究[J]. 生态学报，19(6)：932-938.]

ZHANG WR, YANG GY, TU XN, et al., 1999. Standard for determination of total nitrogen in forest plants and deciduous lolls, LY T 1269-1999[S]. [张万儒，杨光滢，屠星南，等，1999. 森林植物与森林枯枝落叶层全氮的测定标准，LY T 1269-1999[S].]

ZHOU W, WU BC, SONG CF, et al., 2016. Resource and exploitation of *Lithocarpus* (Fagaceae) in China[J]. Chin Wild Plant Resour, 35(4): 60-62. [周伟，吴宝成，宋春凤，等，2016. 中国柯属(壳斗科)植物资源与开发利用[J]. 中国野生植物资源，35(4)：60-62.]

ZHOU XB, ZHOU W, ZHOU P , et al., 2015. A study of geographic variations in seed traits of *Toona sinensis*[J]. J S Chin Agric Univ, 36(5):105-111.[周祥斌，周玮，周鹏，等，2015. 香椿种源间种子性状地理变异研究[J]. 华南农业大学学报，36(5)：105-111.]